

Docket No.: 67161-144

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of	:	Customer Number: 20277
	:	
Yasuhisa FUJII, et al.	:	Confirmation Number:
	:	
Serial No.:	:	Group Art Unit:
	:	
Filed: February 27, 2004	:	Examiner: Unknown
	:	
For:		SEMICONDUCTOR DEVICE AND METHOD OF MANUFACTURING THE SAME

**CLAIM OF PRIORITY AND
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Mail Stop CPD
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

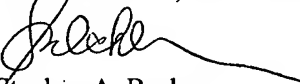
In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicants hereby claim the priority of:

Japanese Patent Application No. 2003-112947, filed April 17, 2003

cited in the Declaration of the present application. A certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY


Stephen A. Becker
Registration No. 26,527

600 13th Street, N.W.
Washington, DC 20005-3096
(202) 756-8000 SAB:tlb
Facsimile: (202) 756-8087
Date: February 27, 2004

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

07101-144
FUSIL, et al.

February 27, 2004

McDermott, Will & Emery

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2003年 4月17日

出 願 番 号

Application Number:

特願2003-112947

[ST.10/C]:

[JP2003-112947]

出 願 人

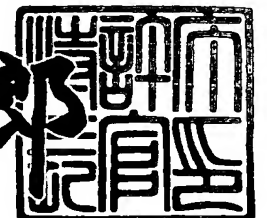
Applicant(s):

株式会社ルネサステクノロジ

2003年 6月10日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3045252

【書類名】 特許願
【整理番号】 541916JP01
【提出日】 平成15年 4月17日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H01L 21/3205
【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県伊丹市瑞原四丁目1番地 菱電セミコンダクタシ
ステムエンジニアリング株式会社内

【氏名】 藤井 靖久

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会
社内

【氏名】 鴨島 隆夫

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会
社内

【氏名】 松岡 長

【特許出願人】

【識別番号】 503121103

【氏名又は名称】 株式会社ルネサステクノロジ

【代理人】

【識別番号】 100064746

【弁理士】

【氏名又は名称】 深見 久郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100085132

【弁理士】

【氏名又は名称】 森田 俊雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100083703

【弁理士】

【氏名又は名称】 仲村 義平

【選任した代理人】

【識別番号】 100096781

【弁理士】

【氏名又は名称】 堀井 豊

【選任した代理人】

【識別番号】 100098316

【弁理士】

【氏名又は名称】 野田 久登

【選任した代理人】

【識別番号】 100109162

【弁理士】

【氏名又は名称】 酒井 將行

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008693

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体装置およびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 の銅層と、

前記第 1 の銅層上に形成され、かつ前記第 1 の銅層に達する孔を有する絶縁層と、

前記孔を介して前記第 1 の銅層に電氣的に接続された第 2 の銅層と、

前記第 2 の銅層と前記絶縁層との間に位置し、かつ前記第 1 の銅層と前記第 2 の銅層との間に位置するバリア層とを備え、

前記バリア層は、窒化タンタル層を前記窒化タンタル層よりも銅との密着性の良い層で挟んだ構造を有する、半導体装置。

【請求項 2】 前記バリア層は、前記窒化タンタル層をタンタル層で挟んだ積層構造を有することを特徴とする、請求項 1 に記載の半導体装置。

【請求項 3】 第 1 の銅層と、

前記第 1 の銅層上に形成され、かつ前記第 1 の銅層に達する孔を有する絶縁層と、

前記孔を介して前記第 1 の銅層に電氣的に接続された第 2 の銅層とを備え、

前記第 1 および第 2 の銅層の少なくともいずれかが不活性元素を含む、半導体装置。

【請求項 4】 前記不活性元素はアルゴンであることを特徴とする、請求項 3 に記載の半導体装置。

【請求項 5】 第 1 の銅層と、

前記第 1 の銅層上に形成され、かつ前記第 1 の銅層に達する孔を有する絶縁層と、

前記孔を介して前記第 1 の銅層に電氣的に接続された第 2 の銅層とを備え、

前記第 1 および第 2 の銅層の少なくともいずれかが周期表の 8 族の元素を含む、半導体装置。

【請求項 6】 銅層をメッキにより形成する工程と、

前記銅層上に欠陥捕獲膜を形成する工程と、

前記銅層中の欠陥を前記欠陥捕獲膜中に移動させる工程と、

前記欠陥捕獲膜を除去する工程とを備えた、半導体装置の製造方法。

【請求項 7】 前記欠陥捕獲膜は、スパッタ法により形成された銅層であることを特徴とする、請求項 6 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 8】 銅層をメッキにより形成する工程と、

前記銅層に不活性元素を注入することにより前記銅層の少なくとも一部を非晶質とする工程と、

少なくとも一部が非晶質の前記銅層を加熱することにより、非晶質部分を結晶化させる工程とを備えた、半導体装置の製造方法。

【請求項 9】 下層の銅層と上層の銅層とが、絶縁層に形成された孔を介して電氣的に接続された半導体装置の製造方法であって、

前記下層の銅層と前記上層の銅層との少なくとも 1 つの銅層は、メッキにより形成され、かつ前記メッキによる成膜時から周期表の 8 族の元素を含むように形成される、半導体装置の製造方法。

【請求項 10】 下層の銅層と上層の銅層とが、絶縁層に形成された孔を介して電氣的に接続された半導体装置の製造方法であって、

前記下層の銅層と前記上層の銅層との少なくとも 1 つの銅層は、メッキにより形成され、かつ前記メッキによる成膜後に周期表の 8 族の元素を導入される、半導体装置の製造方法。

【請求項 11】 主表面に凹部を有する絶縁層を形成する工程と、

前記凹部内を埋め込むように、かつ前記絶縁層の主表面上を覆うように銅層を形成する工程と、

前記銅層を前記凹部内に残存させるように前記銅層を除去する工程と、

前記銅層を除去する工程の後に、前記銅層の膜質を安定化させるための熱処理を行なう工程とを備えた、半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体装置およびその製造方法に関するものであり、特に銅配線構

造を有する半導体装置およびその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来の半導体装置における集積回路の金属配線には主にアルミニウム (Al) 合金が用いられていた。しかし、半導体デバイスの微細化と共に配線の多層化・微細化が進み、配線間のスペースが狭くなってきている。配線の抵抗 (R) と配線間の容量 (C) との積 (RC) が小さいほど配線遅延時間が短くなるが、微細化により横方向の配線間容量 (C) が増大する。このため、最先端デバイスでは、より抵抗の低い銅 (Cu) 配線が用いられてきている。

【0003】

このような銅配線を有する半導体装置は、たとえば E. T. Ogawa et al., "Stress-Induced Voiding Under Vias Connected To Wide Cu Metal Leads" IEEE 02 CH37320 40th Annual International Reliability Physics Symposium, Dallas, Texas, 2002, pp. 312-321 (非特許文献 1 参照) などに開示されている。

【0004】

このような銅配線を有する半導体装置の製造フローにはデュアルダマシン法およびシングルダマシン法がある。デュアルダマシン法においては、ビアおよび配線部分の溝がドライエッチングにより形成された後、バリアメタルおよびシード銅膜が成膜され、電解メッキにより銅膜が成膜される。その後、熱処理が加えられて銅膜の膜質が安定化された後、CMP (Chemical Mechanical Polishing) 法により銅膜がビアおよび溝内にのみ残るように研磨除去されて、銅配線が形成される。

【0005】

一方、シングルダマシン法では、ビアが開口された後、バリアメタルおよびシード銅膜が成膜され、電解メッキにより銅膜が成膜され、熱処理が加えられて銅膜の膜質が安定化された後、CMP 法によりビア部のみに銅膜が埋込まれる。その後、層間絶縁層が成膜され、配線溝が写真製版およびドライエッチングにより形成され、バリアメタルおよびシード銅膜が成膜され、電解メッキにより銅膜が成膜され、熱処理を加えて銅膜の膜質が安定化された後、CMP 法により配線溝

部のみ銅膜により埋込まれる。

【0006】

【非特許文献1】

E. T. Ogawa et al., "Stress-Induced Voiding Under Vias Connected To Wide Cu Metal Leads" IEEE 02CH37320 40th Annual International Reliability Physics Symposium, Dallas, Texas, 2002, pp. 312-321

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

上記2つの方法には、通常、銅メッキが用いられているが、銅メッキ膜は膜中にマイクロボイドを多数含むことが知られている。また、ストレスマイグレーション試験を行なうと、ビア下近傍に生じたストレス分布により、上記マイクロボイドが膜中を拡散し、ビア下近傍に集まると考えられている。このように熱ストレスによりマイクロボイドがビア下近傍に集まると、ビア下近傍において配線抵抗の増加、断線などが生じるおそれがある。

【0008】

本発明は、上記のような問題点を解決するためになされたものであり、ストレスマイグレーションによるビア下近傍におけるマイクロボイドの集中を抑制できる半導体装置およびその製造方法を提供することを目的とするものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明の半導体装置は、第1の銅層と、絶縁層と、第2の銅層と、バリア層とを備えている。絶縁層は、第1の銅層上に形成され、かつ第1の銅層に達する孔を有している。第2の銅層は、孔を介して第1の銅層に電氣的に接続されている。バリア層は、第2の銅層と絶縁層との間に位置し、かつ第1の銅層と第2の銅層との間に位置している。バリア層は、窒化タンタル層をその窒化タンタル層よりも銅との密着性の良い層で挟んだ構造を有している。

【0010】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について図に基づいて説明する。

【 0 0 1 1 】

(実施の形態 1)

図 1 は、本発明の実施の形態 1 における半導体装置の構成を示す概略断面図である。図 1 を参照して、半導体基板（図示せず）上には、たとえばシリコン窒化膜よりなる絶縁層 1 と、たとえばシリコン酸化膜よりなる層間絶縁層 2 とが積層されている。絶縁層 1 および層間絶縁層 2 には溝 3 が形成されている。その溝 3 の壁面に沿って、たとえばタンタル（Ta）よりなるバリア層 4 が形成されている。溝 3 内を埋め込むように、メッキにより形成された銅層（シード層とメッキ層とを含む。以下、メッキ銅層と称する）よりなる配線層 5 が形成されている。

【 0 0 1 2 】

層間絶縁層 2 上には、配線層 5 を覆うように、たとえばシリコン窒化膜よりなる絶縁層 6 と、たとえばシリコン酸化膜よりなる層間絶縁層 7 および 8 とが積層されている。絶縁層 6 および層間絶縁層 7 には配線層 5 に達するビア（孔） 9 が形成されている。層間絶縁層 8 には、ビア 9 上を延びる配線用の溝 1 0 が形成されており、この溝 1 0 とビア 9 とは互いに連通している。

【 0 0 1 3 】

ビア 9 と溝 1 0 との壁面に沿って、たとえば窒化タンタル（Ta₂N₅）よりなるバリア層 1 1 が形成されている。このビア 9 と溝 1 0 とを埋め込むように、メッキ銅層よりなる配線層 1 2 が形成されている。バリア層 1 1 は、絶縁層（絶縁層 6 および層間絶縁層 7、8）と配線層 1 2 との間に位置し、かつ配線層 5 と配線層 1 2 との間に位置している。

【 0 0 1 4 】

本実施の形態では、配線層 5 および 1 2 のいずれか一方または両方において、マイクロボイドなどの欠陥の密度が、通常のメッキ法により形成された銅層中の欠陥密度よりも低くなっている。本実施の形態において配線層 5、1 2 中の欠陥密度の低下は、製造工程において欠陥捕獲膜を用いることにより可能となる。

【 0 0 1 5 】

以下、本実施の形態の製造方法について説明する。

図 2 および図 3 は、本発明の実施の形態 1 における半導体装置の製造方法を工

程順に示す概略断面図である。図 2 を参照して、半導体基板（図示せず）上に、たとえばシリコン窒化膜よりなる絶縁層 1 と、たとえばシリコン酸化膜よりなる層間絶縁層 2 とが積層して形成される。この絶縁層 1 および層間絶縁層 2 に、通常の写真製版技術およびエッチング技術を用いて、溝 3 が形成される。その溝 3 の壁面および層間絶縁層 2 の上面を覆うように、たとえばタンタルよりなるバリア層 4 が形成される。溝 3 内を埋め込むように、かつ層間絶縁層 2 の上面を覆うように、メッキ銅層 5 が形成される。このメッキ銅層 5 は、銅のシード層を形成した後に電解メッキにより銅のメッキ層を成膜することにより形成される。

【 0 0 1 6 】

この後、層間絶縁層 2 の上面が露出するまで、CMP（Chemical Mechanical Polishing）法によりメッキ銅層 5 とバリア層 4 とが研磨除去される。これにより、バリア層 4 とメッキ銅層 5 とが溝 3 内にのみ残されて、メッキ銅層よりなる配線層 5 が形成される。

【 0 0 1 7 】

層間絶縁層 2 上には、配線層 5 を覆うように、たとえばシリコン窒化膜よりなる絶縁層 6 と、たとえばシリコン酸化膜よりなる層間絶縁層 7 および 8 とが順に積層して形成される。通常の写真製版技術およびエッチング技術により、層間絶縁層 8 には配線用の溝 1 0 が形成され、絶縁層 6 および層間絶縁層 7 にはビア 9 が形成される。ビア 9 は、溝 1 0 の底部から配線層 5 に達するように形成され、これにより配線層 5 の一部表面が露出する。

【 0 0 1 8 】

ビア 9 と溝 1 0 との壁面、層間絶縁層 8 の上面、配線層 5 の露出表面などに沿って、たとえば窒化タンタルよりなるバリア層 1 1 が形成される。このビア 9 と溝 1 0 とを埋め込むように、かつ層間絶縁層 2 の上面を覆うように、メッキ銅層 1 2 が形成される。このメッキ銅層 1 2 は、銅のシード層を形成した後に電解メッキにより銅のメッキ層を成膜することにより形成される。

【 0 0 1 9 】

図 3 を参照して、メッキ銅層 1 2 の上面に接するように欠陥捕獲膜 1 3 が形成される。この欠陥捕獲膜 1 3 は、たとえばスパッタ法により形成された銅層であ

る。また、この欠陥捕獲膜 13 は、欠陥捕獲膜 13 中の成分がメッキ銅層 12 中に拡散してもメッキ銅層 12 の抵抗が上昇したり、ストレスマイグレーションやエレクトロマイグレーションなどが発生しやすくなることのないような材質であることが好ましい。

【0020】

この後、メッキ銅層 12 中のマイクロボイドなどの欠陥 21 を欠陥捕獲膜 13 内に移動させる処理が施される。この欠陥 21 を欠陥捕獲膜 13 内に移動させる処理は、たとえばアニールであり、そのアニールの温度と時間はたとえば 100℃と 90 分である。このようなアニールを施すことにより、メッキ銅層 12 と欠陥捕獲膜 13 との間のたとえば欠陥密度の相違に基づく拡散効果により、メッキ銅層 12 中の欠陥 21 が欠陥捕獲膜 13 内へ移動する。

【0021】

このようにしてメッキ銅層 12 中の欠陥 21 を減少させた後に、層間絶縁層 2 の上面が露出するまで、CMP 法により欠陥捕獲膜 13、メッキ銅層 12 およびバリア層 11 が研磨除去される。これにより、図 1 に示すようにバリア層 11 とメッキ銅層 12 とがビア 9 および溝 10 内にのみ残されて、メッキ銅層よりなる配線層 12 が形成される。このようにして欠陥密度の低減されたメッキ銅層よりなる配線構造を有する半導体装置が製造される。

【0022】

なお上記においては、メッキ銅層 12 が研磨除去される前に欠陥捕獲膜 13 を形成する場合について説明したが、メッキ銅層 12 を CMP 法により研磨除去した後に欠陥捕獲膜 13 が形成されても良い。たとえば図 2 に示す状態からメッキ銅層 12 とバリア層 11 とが研磨除去された後に、図 4 に示すようにメッキ銅層 12 に接するように欠陥捕獲膜 13 が形成されても良い。また、図 2 に示す状態からメッキ銅層 12 のみを研磨除去し、層間絶縁層 8 の上面上のバリア層 11 を残した状態で、メッキ銅層 12 に接するように欠陥捕獲膜 13 が形成されても良い。いずれの場合においても欠陥捕獲膜 13 を形成した後は、メッキ銅層 12 中のマイクロボイドなどの欠陥 21 を欠陥捕獲膜 13 内に移動させる処理（たとえばアニール）が施される。

【 0 0 2 3 】

このようにメッキ銅層 1 2 を研磨除去した後に欠陥 2 1 を欠陥捕獲膜 1 3 により捕獲することで、より効果的にメッキ銅層 1 2 中の欠陥密度を低下させることができる。

【 0 0 2 4 】

また、メッキ銅層 1 2 の研磨除去前の欠陥捕獲膜 1 3 による欠陥 2 1 の捕獲と、メッキ銅層 1 2 の研磨除去後の欠陥捕獲膜 1 3 による欠陥 2 1 の捕獲とが組み合わせられても良い。これによりメッキ銅層 1 2 中の欠陥密度をさらに低減することができる。

【 0 0 2 5 】

また、上記においては配線層 1 2 中の欠陥密度を低下させる場合について説明したが、配線層 5 中の欠陥密度が上記と同様の方法により低下されても良い。また、配線層 5 および配線層 1 2 のいずれか一方のみの欠陥密度が上記の方法により低下されても良く、配線層 5 および配線層 1 2 の双方の欠陥密度が上記の方法により低下されても良い。

【 0 0 2 6 】

本実施の形態によれば、欠陥捕獲膜 1 3 により配線層 5、1 2 中のマイクロボイドなどの欠陥 2 1 の密度を低下させることが可能である。このため、熱ストレスによるビア下近傍（図 1 の領域 R 1 または R 2）におけるマイクロボイドの集中を抑制することができる。

【 0 0 2 7 】

なお、本実施の形態における欠陥捕獲膜は、メッキ銅層よりも空孔、ボイドなどの欠陥の少ない膜であり、かつメッキ銅層との間で欠陥密度の相違に基づく拡散効果を十分に得られる材質であることが好ましい。本実施の形態では、欠陥捕獲膜としてスパッタ法により形成された銅層を用いているが、このスパッタ法により形成された銅層の欠陥密度は、通常、メッキ銅層の欠陥密度よりも低い。なぜなら、メッキ銅層の成膜においてはメッキ液中にウエハを浸す際に空気の巻き込みを避けることができず、またメッキ液自体が数種の不純物を含んでいるため、メッキ銅層中には多量の欠陥が導入されるからである。メッキ液中の不純物と

しては硫黄（S）、炭素（C）などがある。これらの不純物はスパッタ法により形成された銅層には含まれない。

【0028】

しかし、スパッタ法により銅層を形成する場合でも、たとえばバイアススパッタ法のようにウエハに負のバイアス電圧を印加して成膜過程においてイオンをウエハ面に衝突させると、その衝撃により銅層に欠陥が多数導入されてしまう。このため、バイアススパッタ法により形成された銅層は、本実施の形態で求められる程度の欠陥捕獲の機能を有していない。したがって、バイアススパッタ法により形成された銅層は、本実施の形態における欠陥捕獲膜には適さない。

【0029】

ただし、ウエハにバイアス電圧を印加する場合でも、アルゴンなどのイオンが処理室内に存在しない状態（たとえばアルゴンなどをプラズマの生成のみに用い、プラズマが生成された後はアルゴンなどを排気した状態）で高真空下にてスパッタによる銅の成膜が行なわれれば、ウエハにイオンが衝突することを避けられるため、銅層に多数の欠陥が導入されることはない。このため、この方法で形成された銅層は本実施の形態の欠陥捕獲膜に適する。

【0030】

以上より、欠陥捕獲膜としてスパッタ法により形成された銅層を用いる場合には、スパッタ時にイオンがウエハ（半導体装置）に印加されたバイアス電圧によってウエハに衝突することのないような条件下で成膜された銅層が適している。

【0031】

（実施の形態2）

本実施の形態では、図1に示す実施の形態1の構成と比較して、配線層5、12の構成において異なる。本実施の形態における配線層5および配線層12のいずれか一方または双方は、不活性元素を導入されることによりマイクロボイドの移動を抑制したメッキ銅層である。このため、本実施の形態における配線層5、12は、実施の形態1のように欠陥捕獲膜により欠陥密度を低減された層でなくともよい。

【0032】

不活性元素としては、ヘリウム（H e）、ネオン（N e）、アルゴン（A r）、クリプトン（K r）、キセノン（X e）およびラドン（R n）があり、いずれの元素が導入されても良いが、特にアルゴンが好ましい。

【 0 0 3 3 】

なお、これ以外の構成については実施の形態 1 の構成とほぼ同じであるため同一の構成要素については同一の符号を付し、その説明を省略する。

【 0 0 3 4 】

次に、本実施の形態の製造方法について説明する。

図 5 は、本発明の実施の形態 2 における半導体装置の製造方法を示す概略断面図である。本実施の形態の製造方法は、図 2 に示す工程までは実施の形態 1 と同様の工程を経る。この後、図 5 を参照して、メッキ銅層 1 2 に不活性元素（たとえばアルゴン）が注入される。これによりメッキ銅層 1 2 の全体または一部が非晶質な状態となる。つまり、不活性元素の注入により銅原子同士の結合が切られるとともに、不活性元素自身は化学的に安定な物質であり銅と結合しないため、メッキ銅層 1 2 は非晶質な状態となる。

【 0 0 3 5 】

この後、アニールが施される。このアニールの温度と時間は、たとえば 1 0 0 ℃と 9 0 分である。このアニールにより、非晶質の状態にあるメッキ銅層 1 2 が結晶化し、結晶状態となる。これにより、後述するようにメッキ銅層 1 2 の膜質が改善されて、メッキ銅層 1 2 中でのボイドの移動が抑制される。

【 0 0 3 6 】

このようにしてメッキ銅層 1 2 の膜質を改善した後に、層間絶縁層 2 の上面が露出するまで、CMP 法によりメッキ銅層 1 2 およびバリア層 1 1 が研磨除去される。これにより、図 1 に示すようにバリア層 1 1 とメッキ銅層 1 2 とがビア 9 および溝 1 0 内にのみ残されて、メッキ銅層よりなる配線層 1 2 が形成される。このようにしてボイドの移動が抑制された銅層よりなる配線構造を有する半導体装置が製造される。

【 0 0 3 7 】

なお、上記においてはメッキ銅層 1 2 に不活性元素を注入した後にアニールす

る場合について説明したが、メッキ銅層 5 に不活性元素が注入された後にアニールが施されても良い。この場合には、後述するように、メッキ銅層 5 中でのボイドの移動を抑制することができる。また、メッキ銅層 5 とメッキ銅層 1 2 との双方に不活性元素が注入された後にアニールが施されても良い。この場合には、後述するように、メッキ銅層 5 およびメッキ銅層 1 2 の双方中でのボイドの移動を抑制することができる。

【 0 0 3 8 】

本実施の形態によれば、メッキ銅層 5、1 2 に不活性元素を注入することにより、メッキ銅層 5、1 2 は一旦非晶質の状態とされてから、アニールにより結晶状態とされる。銅は、結晶状態よりも非晶質状態において良好な流動性を有する。このため、同じ条件のアニールを施した場合、結晶状態よりも非晶質状態の方が銅の結晶粒の成長を促進できるとともに空孔を減少させることができる。また、銅の結晶粒の成長促進により、銅の結晶粒径を大きくできるため、ボイドが存在し易い結晶粒同士の境界（3 重点）が少なくなり、かつ 3 重点同士の間隔も大きくすることができる。これにより、メッキ銅層 5、1 2 中でのボイドの移動を抑制することが可能となる。したがって、熱ストレスによるビア下近傍（図 1 の領域 R 1 または R 2）におけるマイクロボイドの集中を抑制することができる。

【 0 0 3 9 】

（実施の形態 3）

図 6 は、本発明の実施の形態 3 における半導体装置の構成を示す概略断面図であり、図 1 の領域 P を拡大して示す図である。図 6 を参照して、本実施の形態の構成は、実施の形態 1 の構成と比較して、バリア層 1 1 の構成において異なる。バリア層 1 1 は窒化タンタル層 1 1 b を有しており、この窒化タンタル層 1 1 b が配線層 5 と配線層 1 2 とのいずれにも接触しないように、窒化タンタル層 1 1 b を窒化タンタル層 1 1 b よりも銅との密着性の良い層 1 1 a、1 1 c で挟んだ構成を有している。

【 0 0 4 0 】

バリア層 1 1 は、たとえば、タンタル層 1 1 a と窒化タンタル層 1 1 b とタンタル層 1 1 c との 3 層を順に積層した構成、つまり窒化タンタル層 1 1 b をタン

タル層 11a とタンタル層 11c とで挟んだ積層構成を有している。これらタンタル層 11a と窒化タンタル層 11b とタンタル層 11c との各々は、ビア 9 および溝 10 の壁面に沿って形成されており、かつ配線層 12 と絶縁層（絶縁層 6 および層間絶縁層 7、8）との間および配線層 5 と配線層 12 との間に位置している。

【0041】

また、窒化タンタル層 11b を挟み込む層 11a、11c は、タンタル層に限られず、窒化タンタル層 11b よりも銅との密着性の良い層であればよく、窒化チタン (TiN) 層、チタンシリサイド (TiSi₂) 層、窒化タングステン (WN) 層などであってもよい。また、窒化タンタル層 11b の下側の層 11a と上側の層 11c とは異なる材質よりなっているても良い。

【0042】

本実施の形態における配線層 5、12 は、実施の形態 1 のように欠陥捕獲膜により欠陥密度を低減された層でなくてもよい。

【0043】

なお、これ以外の構成については実施の形態 1 の構成とほぼ同じであるため同一の構成要素については同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0044】

次に、本実施の形態の製造方法について説明する。

図 2 を参照して、本実施の形態の製造方法では、実施の形態 1 と同様の方法により、絶縁層 1 と、層間絶縁層 2 と、溝 3 と、バリア層 4 と、配線層 5 と、絶縁層 6 と、層間絶縁層 7、8 と、ビア 9 と、溝 10 とが形成される。

【0045】

この後、ビア 9 と溝 10 との壁面、層間絶縁層 8 の上面、配線層 5 の露出表面などに沿って、たとえばタンタル層 11a と窒化タンタル層 11b とタンタル層 11c との 3 層が順に積層されて、その 3 層の積層構造よりなるバリア層 11 が形成される。

【0046】

このビア 9 と溝 10 とを埋め込むように、かつ層間絶縁層 2 の上面を覆うよう

に、メッキ銅層 1 2 が形成される。このメッキ銅層 1 2 は、銅のシード層を形成した後に電解メッキにより銅のメッキ層を成膜することにより形成される。

【0047】

この後、層間絶縁層 2 の上面が露出するまで、CMP 法によりメッキ銅層 1 2 およびバリア層 1 1 が研磨除去される。これにより、図 1 に示すようにバリア層 1 1 とメッキ銅層 1 2 とがビア 9 および溝 1 0 内にのみ残されて、メッキ銅層よりなる配線層 1 2 が形成される。このようにして銅層の配線構造を有する半導体装置が製造される。

【0048】

本実施の形態によれば、配線層 1 2 と絶縁層（絶縁層 6 および層間絶縁層 7、8）との間に位置するバリア層 1 1 がバリア性の高い窒化タンタル層 1 1 b を有している。このため、配線層 1 2 中の銅が絶縁層中に拡散していくことを効果的に防ぐことができる。

【0049】

また、バリア層 1 1 の窒化タンタル層 1 1 b は配線層 5 および配線層 1 2 のいずれとも接しない。このため、窒化タンタルと銅との結合という密着性が弱くボイド発生率が高い構造を回避することができる。つまり、窒化タンタル層と銅層とは密着性が悪いため、窒化タンタル層と銅層との間に微少な隙間が発生して、その隙間がボイドになるが、本実施の形態では窒化タンタル層と銅層とが直接接触する構成は回避されている。また、タンタル層は窒化タンタル層よりも銅層との密着力が強い材質であるため、タンタル層と銅層との間にボイドは生じ難い。よって、配線層 5 とバリア層 1 1 との接触部付近および配線層 1 2 とバリア層 1 1 との接触部付近に、熱ストレスによってマイクロボイドが集中することを抑制できる。

【0050】

なお、バリア層 4 がバリア層 1 1 と同様の構成を有していても良い。

（実施の形態 4）

本実施の形態の構成は、図 1 に示す実施の形態 1 の構成と比較して、配線層 5、1 2 の構成において異なる。本実施の形態における配線層 5 および配線層 1 2

のいずれか一方または双方は、周期表の 8 族の元素を導入されることにより配線層 5、12 中の空孔が 8 族の元素により補填されたメッキ銅層である。このため、本実施の形態における配線層 5、12 は、実施の形態 1 のように欠陥捕獲膜により欠陥密度を低減された層でなくてもよい。

【0051】

周期表の 8 族の元素としては、鉄 (Fe)、コバルト (Co)、ニッケル (Ni)、ルテニウム (Ru)、ロジウム (Rh)、パラジウム (Pd)、オスミウム (Os)、イリジウム (Ir) および白金 (Pt) があり、いずれの元素が導入されても良い。

【0052】

また、配線層 5、12 中における 8 族の元素の濃度は、5 質量%以下であることが好ましく、0.5%であることがより好ましい。配線層 5、12 中における 8 族の元素の濃度が 5 質量%を超えると、配線層 5、12 の抵抗が上昇するなどの弊害が顕著になる。

【0053】

なお、これ以外の構成については実施の形態 1 の構成とほぼ同じであるため同一の構成要素については同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0054】

次に、本実施の形態の製造方法について説明する。

図 7 は、本発明の実施の形態 4 における半導体装置の製造方法を示す概略断面図である。本実施の形態の製造方法は、図 2 に示す工程までは実施の形態 1 と同様の工程を経る。この後、図 7 を参照して、メッキ銅層 12 に周期表の 8 族の元素が導入される。メッキ銅層 12 に周期表の 8 族の元素を導入する方法には、たとえば以下の方法がある。

【0055】

(1) メッキ銅層 12 を形成した後に、メッキ銅層 12 の上部に 8 族の元素を含む層を堆積させて、その層からメッキ銅層 12 へ 8 族の元素を拡散させる方法

【0056】

(2) あらかじめ 8 族の元素を含むターゲット（直材）を用いて銅のシード層をスパッタ法により形成し、その 8 族の元素を含むシード層を用いて電解メッキを行うことにより、成膜時から 8 族の元素を含むようにメッキ銅層 12 を形成する方法。

【0057】

(3) メッキ液中に 8 族の元素を添加してメッキ銅層 12 をメッキより形成することにより、成膜時から 8 族の元素を含むようにメッキ銅層 12 を形成する方法。方法。

【0058】

8 族の元素は、メッキ銅層 12 に導入されることによりメッキ銅層 12 中の空孔を補填する。この後、アニールが施される。このアニールにより、8 族の元素が空孔を補填する現象が促進される。

【0059】

このようにしてメッキ銅層 12 の空孔を補填した後に、層間絶縁層 2 の上面が露出するまで、CMP 法によりメッキ銅層 12 およびバリア層 11 が研磨除去される。これにより、図 1 に示すようにバリア層 11 とメッキ銅層 12 とがビア 9 および溝 10 内にのみ残されて、メッキ銅層よりなる配線層 12 が形成される。このようにして空孔が減少された銅層よりなる配線構造を有する半導体装置が製造される。

【0060】

なお、上記においてはメッキ銅層 12 に 8 族の元素を導入する場合について説明したが、メッキ銅層 5 に 8 族の元素が導入されても良い。これにより、メッキ銅層 5 中の空孔を補填することができる。また、メッキ銅層 5 とメッキ銅層 12 との双方に 8 族の元素が導入されても良い。この場合には、メッキ銅層 5 およびメッキ銅層 12 の双方中の空孔を補填することができる。

【0061】

本実施の形態によれば、メッキ銅層 5、12 に 8 族の元素が導入される。この 8 族の元素の拡散係数は銅の拡散係数よりも大きい。たとえば金 (Au) を母体としたときの粒界拡散における拡散係数は、ニッケルで $4 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 / \text{ s e}$

c. であり、クロムで $1 \times 10^{-3} \text{ cm}^2 / \text{sec}$. であるのに対し、銅で $1 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 / \text{sec}$. である。この拡散係数が大きいほど空孔との接触確率が高くなるため、8族の元素により効果的に空孔を補填することができる。したがって、熱ストレスによるビア下近傍（図1の領域R1またはR2）におけるマイクロボイドの集中を抑制することができる。

【0062】

なお本実施の形態において空孔を補填する物質に求められる要件は、銅の拡散係数よりも大きい拡散係数を有することであるが、さらに、その物質を銅層に加えた場合に銅層の抵抗上昇および信頼性劣化が少ないものであることが好ましい。

【0063】

（実施の形態5）

本実施の形態の構成は、図1に示す実施の形態1の構成と比較して、配線層5、12の構成において異なる。本実施の形態における配線層5および配線層12のいずれか一方または双方は、その配線層を構成するメッキ銅層を研磨除去した後に熱処理（たとえばアニール）を施されることにより安定化された膜質を有している。このため、本実施の形態における配線層5、12は、実施の形態1のように欠陥捕獲膜により欠陥密度を低減された層でなくてもよい。

【0064】

なお、これ以外の構成については実施の形態1の構成とほぼ同じであるため同一の構成要素については同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0065】

次に、本実施の形態における製造方法を説明する。

図8は、本発明の実施の形態5における半導体装置の製造方法を示す概略断面図である。本実施の形態の製造方法は、図2に示す工程までは実施の形態1と同様の工程を経る。このようにしてメッキ銅層12を電解メッキで形成した後に、アニールを施さずに、層間絶縁層2の上面が露出するまでCMP法によりメッキ銅層12およびバリア層11が研磨除去される。

【0066】

図 8 を参照して、上記の研磨除去により、バリア層 1 1 とメッキ銅層 1 2 とがビア 9 および溝 1 0 内（つまり凹部内）にのみ残されて、メッキ銅層よりなる配線層 1 2 が形成される。この後、配線層 1 2 の表面が露出した状態で、配線層 1 2 の膜質を安定化させるための熱処理としてたとえばアニールが施される。このアニールの条件としては、たとえば 3 0 0 ℃ 以上 5 0 0 ℃ 以下の温度で 2 0 分未満加熱する条件、または 8 0 ℃ 以上 2 0 0 ℃ 以下の温度で 3 0 分以上 1 時間 3 0 分以下加熱する条件が好ましい。これらの条件よりも温度が高くなったり、処理時間が長くなったりするとボイドが多数発生し、またこれらの条件よりも温度が低くなったり、処理時間が短くなったりするとアニールの効果が十分に得られない。

【 0 0 6 7 】

このようにしてボイドの移動が抑制された銅層よりなる配線構造を有する半導体装置が製造される。

【 0 0 6 8 】

なお、上記においてはメッキ銅層 1 2 とバリア層 1 1 との双方を研磨除去した後に熱処理を施す場合について説明したが、メッキ銅層 1 2 の研磨除去をバリア層 1 1 の表面が露出した時点で停止することにより、バリア層 1 1 を層間絶縁層 8 の上面上に残した状態で熱処理が施されても良い。

【 0 0 6 9 】

また、メッキ銅層 1 2 について説明したが、メッキ銅層 5 についても同様に、メッキ銅層 5 を研磨除去した後に、メッキ銅層 5 の膜質を安定化させるための熱処理が施されても良い。また、メッキ銅層 5 とメッキ銅層 1 2 との双方について、各メッキ銅層を研磨除去した後にメッキ銅層の膜質を安定化させるための熱処理が施されても良い。

【 0 0 7 0 】

電解メッキ法により形成された銅層は、結晶粒子が小さくかつこれを放置しておくとも室温下であっても結晶粒成長が生じ、この結晶粒成長に伴って電気抵抗が変動するため安定性に欠ける。このため、その銅層を安定化させるために、その銅層にアニールなどの熱処理を施す必要がある。

【0071】

本実施の形態によれば、メッキ銅層5、12の研磨除去後に膜質安定化のための熱処理が施される。このため、メッキ銅層5、12の研磨除去前に熱処理を施す場合と比較して、研磨除去によりメッキ銅層5、12の体積が減少しているため、熱処理時のメッキ銅層5、12の熱伝導効率が良くなる。これにより、メッキ銅層5、12のビア下付近を効率良く加熱できるため、その部分の膜質を効果的かつ効率的に安定させることが可能となる。また、研磨除去により銅層の体積が減少しているため、その体積の減少分だけ銅層中の空孔の絶対数も減らすことができる。

【0072】

このようにメッキ銅層の研磨除去後に膜質安定化のための熱処理を施すことにより、メッキ銅層を効果的かつ効率的に安定させることができ、かつメッキ銅層中の空孔の絶対数も減らすことができるため、熱ストレスによるビア下近傍（図1の領域R1またはR2）におけるマイクロボイドの集中を抑制することができる。

【0073】

なお、上記の実施の形態1～5の各々における構成または製造工程は適宜組み合わせられても良い。

【0074】

また、本明細書において銅層とは、銅を主成分として含む材質よりなる層のことを意味しており、不可避の不純物を含む銅からなる層、銅の合金層などを含むものである。

【0075】

また、メッキ銅層は、メッキ薬液中に含まれる塩素（C1）、炭素（C）、硫黄（S）などの不純物を含んでいる点において、スパッタ法により形成された銅層と異なる。

【0076】

また、銅層をメッキで成膜する理由を以下に説明する。

銅はドライエッチングによるパターニングが困難な材料である。このため、銅

の配線パターンを形成するために、絶縁層の表面に形成された配線用溝を埋め込むように銅層を形成した後に、銅層をCMP法などにより研磨除去して配線用溝内にのみ残存させる方法が用いられている。ここで、銅層により配線用溝を埋め込む際に、CVD法やスパッタ法により銅層を成膜して埋め込む方法がある。しかし、この方法では、配線用溝よりなる段差上で銅層のオーバーハングが生じて配線用溝を完全に埋め込めない場合が生じる。また、この方法で成膜した銅層で配線用溝内を隙間無く埋め込むために銅層をフローさせる（だらす）方法もあるが、銅層をフローさせるためには1000℃以上と高温に加熱する必要がある、素子への悪影響が懸念される。

【0077】

そこで、配線用溝を簡単な方法で隙間無く埋め込むために、メッキにより銅層が成膜される。

【0078】

また、上記においてはメッキ銅層について説明したが、本発明は、メッキ銅層と同程度の欠陥密度を有する銅層にも同様に適用することができる。

【0079】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【0080】

【発明の効果】

本発明の半導体装置によれば、第2の銅層と絶縁層との間に位置するバリア層が窒化タンタル層を有しているため、第2の銅層中の銅が絶縁層中に拡散していくこと効果的に防ぐことができる。また、バリア層の窒化タンタル層は第1および第2の銅層のいずれとも接しないため、窒化タンタルと銅との結合という密着性が弱くボイド発生率が高い構造を回避することができる。このため、第1の銅層とバリア層との接触部付近および第2の銅層とバリア層との接触部付近に、熱ストレスによってマイクロボイドが集中することを抑制できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の実施の形態 1 における半導体装置の構成を示す概略断面図である。

【図 2】 本発明の実施の形態 1 における半導体装置の製造方法の第 1 工程を示す概略断面図である。

【図 3】 本発明の実施の形態 1 における半導体装置の製造方法の第 2 工程を示す概略断面図である。

【図 4】 本発明の実施の形態 1 における半導体装置の他の製造方法を示す概略断面図である。

【図 5】 本発明の実施の形態 2 における半導体装置の製造方法を示す概略断面図である。

【図 6】 本発明の実施の形態 3 における半導体装置の構成を示す概略断面図であり、図 1 の領域 P を拡大して示す図である。

【図 7】 本発明の実施の形態 4 における半導体装置の製造方法を示す概略断面図である。

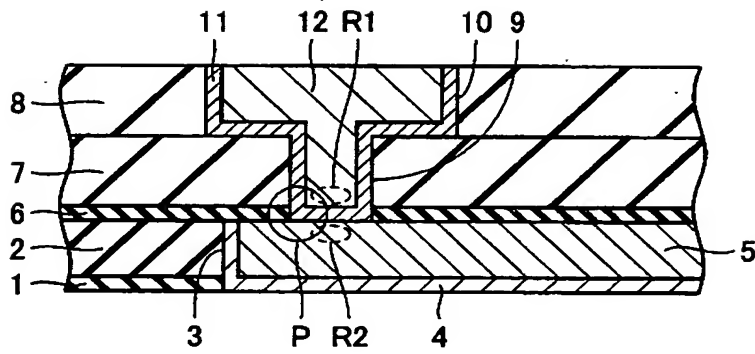
【図 8】 本発明の実施の形態 5 における半導体装置の製造方法を示す概略断面図である。

【符号の説明】

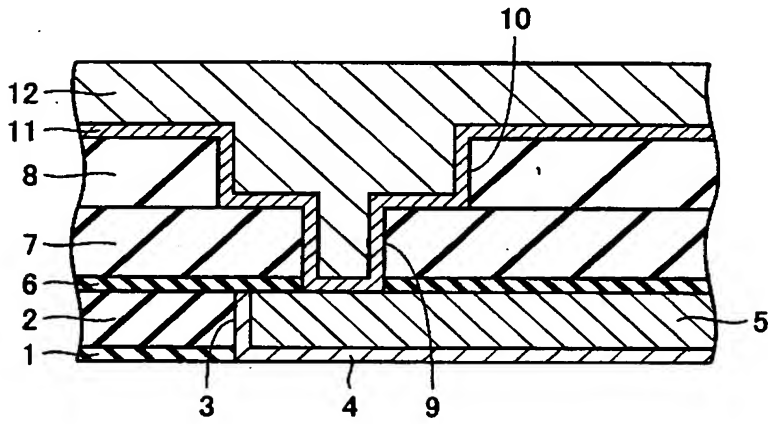
1, 6 絶縁層、2, 7, 8 層間絶縁層、3 溝、4 バリア層、5, 12
メッキ銅層（配線層）、9 ビア、10 溝、11 バリア層、11a, 11
c タンタル層、11b 窒化タンタル層、13 欠陥捕獲膜。

【書類名】 図面

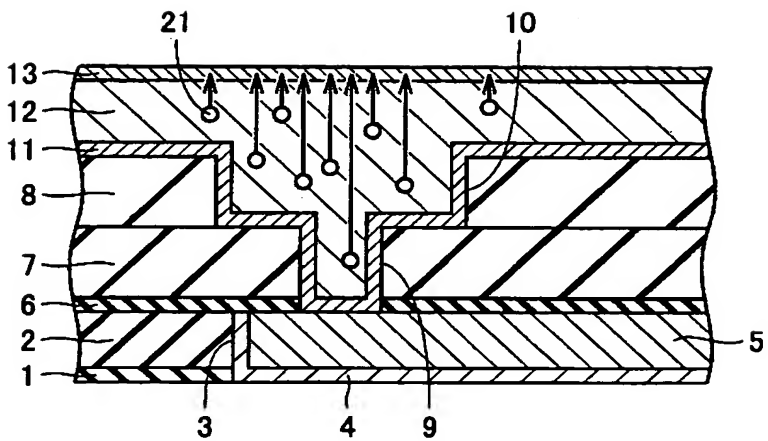
【図 1】



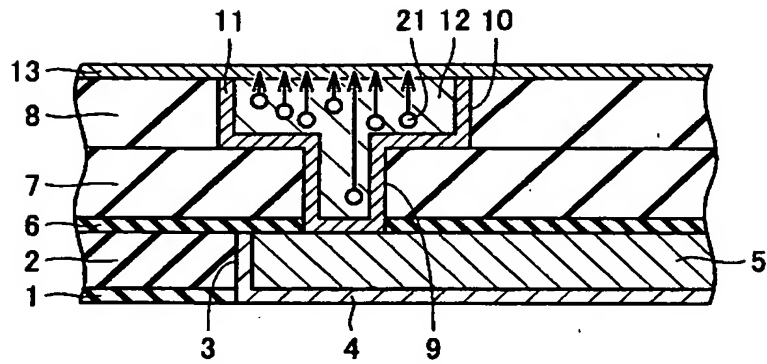
【図 2】



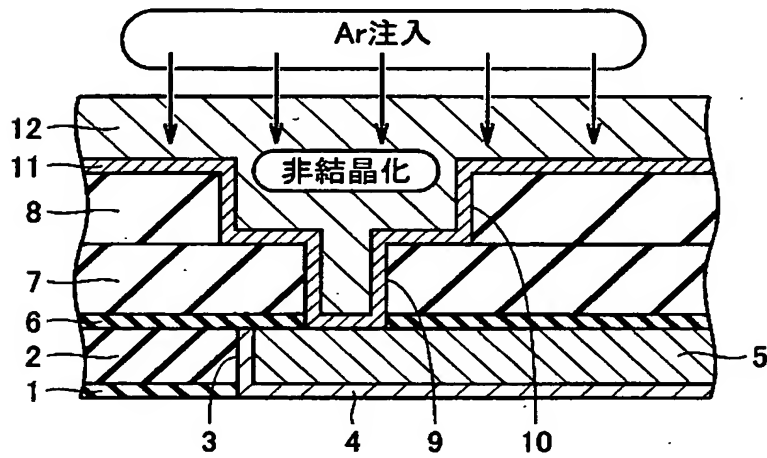
【図 3】



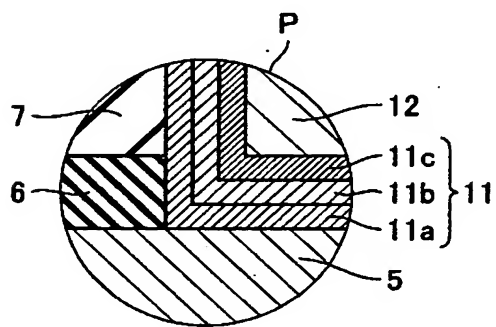
【図 4】



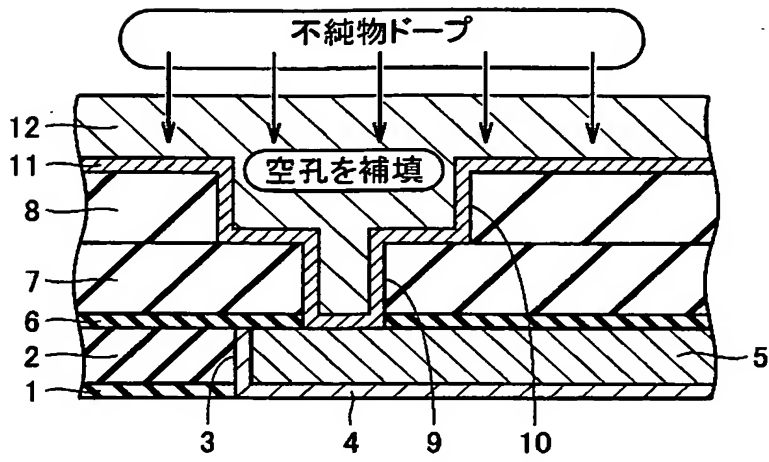
【図 5】



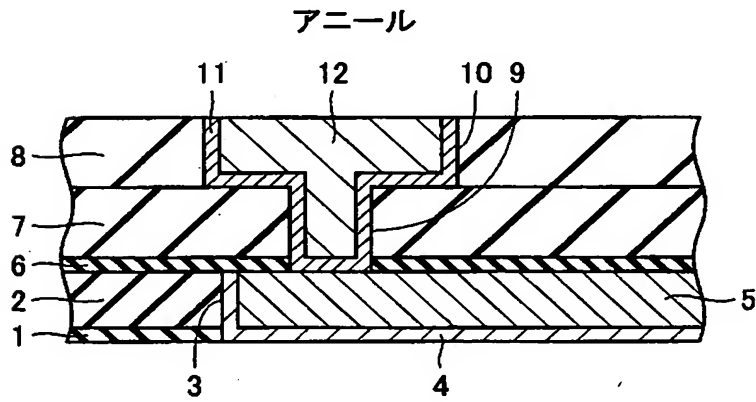
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ストレスマイグレーションによるビア下近傍におけるマイクロボイドの集中を抑制できる半導体装置およびその製造方法を提供する。

【解決手段】 本発明の半導体装置の製造方法は、銅層 5、12 をメッキにより形成する工程と、その銅層 5、12 上に欠陥捕獲膜 13 を形成する工程と、たとえばアニールにより銅層 5、12 中の欠陥を欠陥捕獲膜 13 中に移動させる工程と、欠陥捕獲膜 13 を除去する工程とを備えている。

【選択図】 図 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [503121103]

1. 変更年月日	2003年 4月 1日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区丸の内二丁目4番1号
氏 名	株式会社ルネサステクノロジ